

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : **2002-185048**
 (43)Date of publication of application : **28.06.2002**

(51)Int.Cl. **H01L 33/00**
// C09K 11/80

(21)Application number : **2001-310121** (71) **LUMILEDS LIGHTING US LLC**
 (22)Date of filing : **05.10.2001** (72) **LOWERY CHRISTOPHER H**
 Inventor :

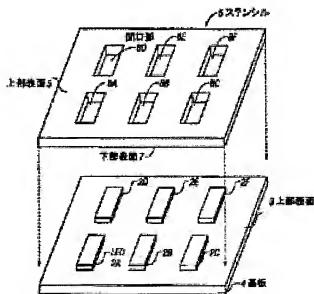
(30)Priority
 Priority number : **2000 688053** Priority date : **13.10.2000** Priority country : **US**

(54) STENCILING PHOSPHOR LAYER OF LIGHT-EMITTING DIODE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To uniformly apply a phosphor-containing material to LEDs.

SOLUTION: A method for forming a light emission layer on a light-emitting semiconductor device includes a process for positioning a stencil on a substrate, so that the light-emitting semiconductor device provided on the substrate is positioned at the opening of the stencil, a process for depositing a stencil composition containing a light-emitting material at the opening, a process for removing the stencil from the substrate, and a process for curing the stencil composition to a solid state, thus obtaining a light-emitting device. The light-emitting device includes a stack of layers containing a semiconductor layer having an active region, and a layer that contains a light-emitting material, is provided at least around one portion of the stack, and has nearly uniform thickness. The surface of the layer that contains



the light-emitting material and is not adjacent to the stack is nearly adjusted to the shape of the stack substantially. In one embodiment, the light-emitting device emits white light by a uniformly white space profile.

(51) Int.Cl. ⁷ H 0 1 L 33/00	識別記号	P I H 0 1 L 33/00	チャート(参考) N 4 H 0 1 C 5 F 0 4 1
// C 0 9 K 11/80	CPM	C 0 9 K 11/80	CPM

審査請求 未請求 請求項の数24 O L (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願2001-310121(P2001-310121)
(22) 出願日 平成13年10月5日 (2001.10.5)
(31) 優先権主張番号 09/688063
(32) 優先日 平成12年10月13日 (2000.10.13)
(33) 優先権主張国 米国 (U S)

(71) 出願人 500507009
ルミレックス ライティング ユーエス リ
ミテッドライパリティ カンパニー
アメリカ合衆国 カリフォルニア州
95131 サン ホセ ウェスト トリンブ
ル ロード 370
(72) 発明者
クリストファー エイチ ロウリー
アメリカ合衆国 カリフォルニア州
94539 フリーモント ラ ブリッスマ
ウェイ 40570
(74) 代理人 100059869
弁理士 中村 稔 (外9名)

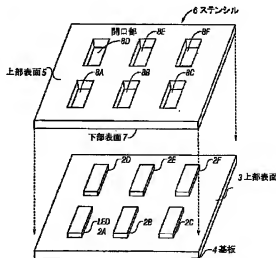
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 発光ダイオードのステンシル発光体層

(57) 【要約】

【課題】 蛍光体含有材料をLEDに一樣に塗布すること。

【解決手段】 本発明にかかる発光半導体装置上に発光層を形成する方法は、基板上に設けられた発光半導体装置がステンシルの開口部内に位置するように、上記基板上で上記ステンシルの位置決めを行う工程と、発光材料を含むステンシル組成物を上記開口部にたい積させる工程と、上記基板から上記ステンシルを除去する工程と、上記ステンシル組成物を固体状態まで硬化させる工程と、を含む。この結果得られる発光装置は、活性領域を備える半導体層を含む層のスタックと、上記スタックの少なくとも一部のまわりに設けられ、ほぼ一様な厚さを有する、発光材料含有層と、を含む。上記スタックに隣接しない上記発光材料含有層の表面は、実質的に上記スタックの形状とほぼ整合する。一実施形態では、上記発光装置は、一様に白い空間プロファイルで白色を発する。



【請求項24】 前記燐蒸された二酸化珪素分子と前記シリコンポリマーとの間の重量濃度比は、約1対70から約1対20であることを特徴とする請求項22に記載の発光ステンシル組成物。

【発明の詳細な説明】

【0001】（技術分野）本発明は、一般に発光装置に関し、より詳細には蛍光体を用いた発光ダイオードに関する。

【0002】（背景技術）視覚的に白色光を発する発光装置を製造するために、青色発光ダイオード（LED）が、発光材料（蛍光体）とともに用いられる。例えば、米国特許第5,813,753号および米国特許第5,998,925号には、青色LEDが反射カップに配置された蛍光体含有材料により囲まれた、発光装置が開示されている。このLEDにより発せられた青色光の一部は上記蛍光体により吸収され、この蛍光体はこれに応じて赤色光および緑色光を発する。上記LEDにより発せられた吸収されない青色光と、上記蛍光体により発せられた赤色光および緑色光と、が結合したものが、人間の目には白色光として見える。不運にも、このような蛍光体により囲まれた従来のLEDは、一様に白い空間プロファイルで光を発するよりむしろ、黄色光および青色光の輪により囲まれた、中心にある領域で白色光を頻繁に発する。

【0003】参照によりここに含められるローワリー（Lowery）の米国特許第5,959,316号の開示によれば、このような青色光および黄色光の輪は、上記LEDを囲んでいる蛍光体含有材料の厚さが一様でないために、青色光の吸収ならびに赤色光および緑色光の発光が空間的に一様になされない結果として生じうる。具体的には、蛍光体含有材料の厚い部分が、蛍光体含有材料の薄い部分よりも、多くの青色光を吸収し多くの赤色光および緑色光を発する。この結果、上記厚い部分が黄色に見え、上記薄い部分が青色に見える傾向がある。さらに、ローワリー（Lowery）の開示によれば、蛍光体含有材料を一様な厚さでたい積させるよりも前に、上記LEDの上および周囲に透明な隙間（spacer）をたい積させることにより、発光プロファイルにおける上輪を取り除くことができる。しかしながら、表面張力のために、一般的に液体またはペースト（液体中に分散した固体）としてたい積される蛍光体含有材料の、形状および厚さを制御することは困難である。

【0004】蛍光体含有材料をLEDに一様に塗布する方法が必要とされている。

【0005】（発明の開示）発光半導体装置上に発光層を形成する方法は、基板上に設けられた発光半導体装置がステンシルの開口部に位置するように、上記基板上で上記ステンシルの位置決めを行う工程と、発光材料を含むステンシル組成物を上記開口部にたい積させる工程と、上記基板から上記ステンシルを除去する工程と、上

記ステンシル組成物を固体状態まで硬化させる工程とを含む。一実施形態では、上記ステンシルの上記開口部の形状は、上記発光半導体装置の形状にほぼ整合し、上記開口部の深さは、上記発光半導体装置の高さと同じ発光層の厚さとの総和にほぼ等しく、上記開口部の幅は、上記発光半導体装置の幅と上記発光層の厚さを2倍した値との総和にほぼ等しい。

【0006】一実施形態では、上記基板上に設けられた複数の発光半導体装置のそれぞれが、上記ステンシルの複数の開口部のうち対応する1つの開口部に位置するように、上記ステンシルの位置決めが行われる。上記複数の開口部のそれぞれには、ステンシル組成物がたい積される。

【0007】発光層は、上記基板における隣接する部分を汚さないように、かつ、例えば、基板における電氣的接触部を完全に被うことなく、発光半導体装置上に形成される。これにより、このような接触部のワイヤボンディングは、上記発光層を形成させた後、実行される。さらに、多くの発光装置は、単一基板にたい積され、発光材料含有層と同時にステンシルで覆り出されるので、この方法を用いることにより、スルーボットが高くなるので、コスト効率を高めることができる。

【0008】一実施形態では、発光ステンシル組成物は、熱または光により硬化される光学的に透明なシリコンポリマー中に分散された、蛍光体分子および二酸化珪素分子を含む。好ましくは、硬化されない上記シリコンポリマーは、約1000センチストークから20000センチストークの間の粘度を有し、二酸化珪素分子は、約90 m²/gより大きい、単位質量あたりの表面積を有する燐蒸された二酸化珪素（fumed silica）である。この実施形態で用いられる上記二酸化珪素は、上記発光ステンシル組成物に対して恒定性を分け与える。この結果、上記硬化されていない発光ステンシル組成物から形成された層は、ステンシルで囲み出された後、崩壊することなくまたは沈むことなく、その形状を保持する。一旦固体状態まで硬化されると、上記発光ステンシル組成物により形成された層は、この層が形成される上記発光半導体装置に対する後の処理に耐えるのに十分な強度を示す。さらに、この実施の形態により形成された、上記発光ステンシル組成物における硬化されていない層は、120℃を超える温度において化学的および物理的に安定である。特に、発光ステンシル組成物における上記硬化されていない層は、約120℃から約200℃の間の温度に長時間さらされている間でも、黄色化しないであろう。

【0009】結果として生ずる発光装置は、活性領域を備える半導体層を含む層のスタックと、上記スタックの少なくとも一部のまわりに設けられ、ほぼ一様な厚さを有する、発光材料含有層とを含む。上記スタックに隣接しない上記発光材料含有層の表面は、実質的に上記ス

び図3Cに示す蛍光体層30A-30Cのようなステンシルで掘り出された蛍光体層が残る。

【0018】一実施形態では、基板4上にステンシル6の位置決めを行う工程、LED2A-2F上に蛍光体層30A-30Cのような蛍光体層を形成するために表面5および開口部8A-8Fに発光ステンシル組成物を設ける工程、および、基板4からステンシル6を除去する工程は、一般的にプリント基板上にんだペーストをステンシルで掘り出すために用いられる、従来の高精度ステンシル機械により実行される。上記ステンシル機械は、例えば、マサチューセッツ州のMPMフランクlin株式会社により製造されたウルトラプリント1500等である。

【0019】ステンシル6が基板4から除去された後、LED2A-2F上の蛍光体層は、例えば熱放射または紫外線放射を適用することにより、固体状態まで硬化される。硬化工程は、上記半導体層における整形用高分子化合物の架橋(cross-linking)を含む。一実施形態では、例えば、蛍光体層30A-30Cを硬化させるために、LED2A-2Cは、従来のオープン内において約10分間約100℃で加熱される。

【0020】この結果得られた一実施形態にかかる蛍光体層30Aを有するLED2Aの概略が、一例として図4に示されている。蛍光体層30Aは、上部表面32の上部、ならびに、LED2Aの垂直面34および36に、ほぼ一様な厚さを有する。さらに、蛍光体層30Aの上部表面38、ならびに、垂直面の表面40および42は、それぞれ、LED2Aの上部表面32、ならびに、垂直面の表面34および36に平行となっている。これにより、蛍光体層30Aの表面38、40、42等の外部表面は、実質的にLED2Aの形状にほぼ整合する。AおよびBと表示された蛍光体層30Aの寸法は、ともに50μmから250μmの範囲にわたる。

【0021】LED2A-2F上の蛍光体層が硬化された後、LED2A-2Fを別個の装置(ダイス型)に分離するために、基板4は鋸または画線器によりひかれる。

【0022】一実施形態では、ほぼ一様な厚さとなっている蛍光体層30A-30Fを有するLED2A-2Fは、一様に白い空間プロファイルで光を発する。特に、蛍光体に囲まれた白色光を発する従来方式の発光装置による、黄色および青色の輪はなくなる。さらに、蛍光体層30A-30Fは、基板4での隣接した領域を汚すことなく、また、LED2Aの接触部26および28のような基板接触部を完全に被うことなく、LED2A-2F上に設けられる。これにより、例えば、接触部26および28のワイヤボンディングは、蛍光体層30Aを形成させた後、実行されうる。さらに、多くのLEDは、単一の基板に設けられ、蛍光体層と同時にステンシルで掘り出されるので、上述したステンシル工程は、スルー

ブットが高くかつコスト効率の良い工程となる。

【0023】LED2A-2F上の蛍光体層は、硬化されるまでは、崩壊することなくまたは沈むことなく、ステンシルで掘り出された形状を実質的に保持しなくてはならない。さらに、蛍光体層が、化学的または物理的性質を変えることなく約120℃を超える動作温度に長期間耐えることが望ましい。例えば、エポキシ樹脂、ウレタン樹脂、および、これらと同様の有機樹脂は、蛍光体層に用いることに適していない。なぜならば、これらは、約120℃を超える温度では酸化して黄色化するからである。この後、これらの黄色化した有機樹脂は、LEDにより発せられた青色光を吸収して、このLEDの性能を低下させる。白色を発することを意図された装置による明白な色は、上記有機樹脂が酸化することによって、黄色に転移していくであろう。

【0024】本発明の一実施形態にかかる使用に選した発光ステンシル組成物は、以下のように用いられる。まず第1に、蛍光体の粉が、従来の硬化可能(curable)シリコンポリマー組成物と混合される。この硬化可能シリコンポリマー組成物は、互い違いの位置関係となつている(alternating)シリコン原子および酸素原子(シリコンポリマー)を含む化学的構造を有する少なくとも1つのポリマーを含み、シリコンポリマーまたは光重合開始因子(photopolymerization initiator)の架橋に触媒作用を及ぼす燐燐のような硬化剤(curing agent)を随意含む。

【0025】上記硬化可能シリコンポリマー組成物は、好ましくは、約400nmから600nmの光の波長に対して、実質的に吸収せずに散乱しない(光学的に透明)。硬化されていないステンシル組成物は、硬化されるまでステンシルで掘り出された形状を保持するのであれば、約1000センチストークよりも大きい粘度を有していなければならない。この結果、硬化可能シリコンポリマー組成物は、好ましくは、硬化前の粘度で約1000センチストークから2000センチストークを有する。さらに、硬化可能シリコンポリマー組成物は、LEDからステンシル組成物に入射する光と、蛍光体の分子からステンシル組成物に入射する光とが結合する効率を高めるために、好ましくは、約1.45より大きい屈折率を有する。また、硬化可能シリコンポリマー組成物は、好ましくは、例えば加熱または紫外線への照射により固体状態まで硬化されるまで、室温において液体として安定である。

【0026】適当な硬化可能シリコンポリマー組成物については、市販されているものを利用することができる。一実施形態では、例えば、硬化可能シリコンポリマー組成物は、約1300センチストークの粘度を有し、100℃で約10分間および室温で約2週間硬化された、マサチューセッツ州フェアヘヴンにあるナイーリカンズ(Nye Lubricants, Inc)より入手可能

コンポリマー組成物に約3.5グラムの燻蒸された二酸化珪素が含まれるような濃度で $200 \pm 15 \text{ m}^2/\text{g}$ の単位質量あたりの表面積を有する、燻蒸された二酸化珪素分子と、を含む発光ステンシル組成物により形成される。蛍光体層30Aの断面は、従来の工具製造業者により製造された顕微鏡を用いて測定される。LED2Aの一般的な配向は、シリコン基板上に従来通りに設けられた、塗布されていない様々なLEDの断面を、従来のプロフィールメータを用いて測定することにより確認される。

【0033】図4の模式図にも示されているように、図5における蛍光体層30Aは、ほぼ一様な厚さを有し、実質的にLED2Aの形状とほぼ整合する。特に、蛍光体層30Aの上部表面38ならばに垂直面の表面40および42は、それぞれ、LED2Aの上部表面32ならばに垂直面34および36にほぼ平行となっている。さらに、図5に示す蛍光体層30Aは、発光ステンシル組成物が硬化される前であってステンシルが除去されるときまたは除去された後に形をなす、隆起部44および尾部46を示す。

【0034】文字AからEで表示された寸法は次の通りである。すなわち、Aは $90 \mu\text{m}$ 、Bは $60 \mu\text{m}$ 、Cは $30 \mu\text{m}$ 、Dは $80 \mu\text{m}$ 、および、Eは 1.31 mm である。ステンシル工程が自動パターン認識ソフトウェアを備えたステンシル機械により実行されるのであれば、寸法Bは、 $\pm 2\%$ すなわち $\pm 1.2 \mu\text{m}$ の誤差の範囲で再現可能である。

【0035】図5に示す蛍光体層30Aの形成のもとになったステンシル組成物に用いられる燻蒸された二酸化珪素の濃度および等級は、隆起部44および尾部46を最小化するように選択された。ステンシル組成物における燻蒸された二酸化珪素の濃度が増加すれば、隆起部44の高さが増加するとともに尾部46の長さが減少するであろう。逆に、燻蒸された二酸化珪素の濃度が減少すれば、隆起部44の高さが減少し、尾部46の長さが減少し、さらに、蛍光体層30Aの垂直面の表面40および42は、LED2Aの上部表面32付近の寸法Bが基板4付近の寸法Bよりずっと小さくなるような、かつ、上部表面32における端の付近の寸法Aが上部表面32の中心付近の寸法Aよりずっと小さくなるような具合に、沈み込むであろう。

【0036】図6を参照するに、別の実施形態として、光学的に透明な層48は、例えばステンシルで掘り出さ

れた蛍光体含有層30Aがたい積されるよりも前に、LED2Aの上部および周囲にたい積される。一実施形態では、光学的に透明な層48は、上述したステンシル工程を用いて、光学的に透明なステンシル組成物から形成される。光学的に透明な層48は、約 $45 \mu\text{m}$ 〜約 $80 \mu\text{m}$ の厚さを有する。光学的に透明な層48および蛍光体含有層30Aは、ともに、ほぼ一様な厚さを有するとともに、実質的にLED2Aの形状にほぼ整合する。

【0037】本発明は、特定の実施形態を用いて説明されているが、本発明は、添付請求項の範囲内にあるあらゆる変形および変更を含むように、解釈される。例えば、発光ステンシル組成物は、蛍光体分子に加えてまたは蛍光体分子に代えて、半導体ナノクリスタル (semiconductor nanocrystals) および/または色素分子 (dye molecules) を含むことができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施形態にかかる基板上に設けられた発光ダイオードおよび対応するステンシルを示す模式図

【図2】本発明の一実施形態にかかる蛍光体含有材料とともにステンシルで掘り出される発光ダイオードを示す模式図

【図3A】本発明の一実施形態にかかるステンシル方法における3つの工程に対応する基板上に設けられた発光ダイオードを示す側面図

【図3B】本発明の一実施形態にかかるステンシル方法における3つの工程に対応する基板上に設けられた発光ダイオードを示す側面図

【図3C】本発明の一実施形態にかかるステンシル方法における3つの工程に対応する基板上に設けられた発光ダイオードを示す側面図

【図4】本発明の一実施形態にかかる蛍光体含有層を有する発光ダイオードを示す模式図

【図5】基板上に搭載された、ステンシルで掘り出された蛍光体含有層の定型的に測定された断面図と、一般的に配向されたフリップチップジョイント発光ダイオードの断面図と、を重ね合わせた様子を示す図

【図6】本発明の一実施形態にかかる光学的に透明な層および蛍光体含有層を有する発光ダイオードを示す模式図

Fターム(参考) 4H001 XA08 XA13 XA31 XA39 YA58
5F041 AA11 DA09 DA20 DA45 DA46
DA58 EE25